Rev. Acad. Canar. Cienc., XXII (Núm. 3), 215-229 (2010) (publicado en octubre de 2011)

BIOGEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD MARINA EN LA MACARONESIA

A. Brito Hernández
Grupo de Investigación BIOECOMAC, Departamento de Biología Animal, Facultad de Biología
Universidad de La Laguna, C/ Astrofísico Francisco Sánchez s.n.
38206 La Laguna, Tenerife, islas Canarias. abrito@ull.es

IMPORTANCIA DE LA BIOGEOGRAFÍA PARA LA CONSERVACIÓN EN EL MEDIO MARINO

El conocimiento de la biodiversidad marina y el planteamiento de medidas de ordenación y conservación son temas candentes en la actualidad en todos los países costeros, en relación con el intenso uso que se hace de los recursos y del medio litoral (vertidos de aguas residuales, ocupación física de hábitats, actividades turísticas y recreativas, tráfico marítimo, etc.). En muchas zonas y particularmente en las islas el desarrollo económico y social actual depende en gran medida del uso del espacio costero, mientras que por otra parte es bien conocido el estado de sobreexplotación en que se encuentran los recursos, tanto litorales como oceánicos e incluso los profundos, con el riesgo que conlleva esta elevada presión de eliminar ecosistemas y especies muy valiosas. La zona litoral o nerítica, es decir las aguas y fondos a menos de 200 m de profundidad, es donde el interés y la atención son más grandes y donde frecuentemente existe una compleja sinergia de riesgos, mucho mayor que en las aguas abiertas. Además de la eliminación o enrarecimiento de especies vulnerables por la acción directa sobre las mismas, un aspecto muy grave es la eliminación o degradación de las poblaciones de especies arquitectas o estructurantes y de las de altos niveles tróficos que juegan un papel clave, es decir, aquellas que crean el hábitat o comunidad y las que mantienen bien estructurado el ecosistema mediante su actividad trófica. Por otra parte, la sinergia entre la presión humana directa y los efectos del cambio climático (presión difusa), ya notables en muchas zonas, introduce más incertidumbre en estos procesos.

A pesar de la alta presión que recibe y los riesgos mencionados, el espacio marino está muy poco representado en la red global de áreas protegidas (sólo aproximadamente un 0,5 % de la superficie de los océanos está protegida), un hecho que añade urgencia a la argumentación a favor de incrementar los efectivos representativos de conservación marina. La idea clave que subyace bajo el término "representativo" es el intento de proteger un amplio rango de la biodiversidad mundial —genes, especies y niveles taxonómicos más altos, así como las comunidades, los patrones evolutivos y los procesos ecológicos que sostienen esta biodiversidad—. Para desarrollar sistemas de áreas marinas protegidas ecológicamente representativos, como se ha requerido en distintos acuerdos internacionales, son esenciales las clasificaciones biogeográficas. El sistema ideal debe ser jerárquico y anidado y seguir un planteamiento multiescalar en base a dichas clasificaciones (ver, por ejemplo, LOURIE &VINCENT [14]; SPALDING *et al.* [20]). Cada nivel de jerarquía debe ser relevante para

los planes de conservación o intervenciones de manejo, desde lo global a lo local. Es preciso tener en cuenta que la conectividad es mucho mayor en el mar que en el medio terrestre y puede ser ecológica, por medio de individuos o nutrientes moviéndose entre hábitats, o genética, a través del desplazamiento de propágulos. Estas conexiones hacen que el sistema marino tenga verdaderamente una estructura tridimensional y que los límites biogeográficos puedan ser difuminados en el espacio y el tiempo. Por ello, las iniciativas de conservación deben incorporar un claro conocimiento de la escala en que están trabajando y la escala a la que operan sus objetivos (unidades biológicas).

La preservación de la biodiversidad marina en todas sus manifestaciones, desde los genes que diferencian poblaciones y las especies hasta los ecosistemas, precisa en primer lugar de un buen conocimiento de la misma en el que la información biogeográfica, es decir el conocimiento de la distribución de los organismos, es básica. Dicha información está relacionada fundamentalmente con la capacidad de dispersión y con las historias evolutivas, en gran medida controladas por el clima y las condiciones geográficas y oceanográficas (condiciones actuales y pasadas, durante el plioceno y el pleistoceno). En definitiva, la biogeografía puede fortalecer la base científica de los planes de conservación aportando: (1) mapas de distribución en diferentes escalas espaciales y para diferentes niveles de organización biológica (ecosistemas, especies, genes); (2) modelos de distribución biológica basados en las condiciones ambientales correspondientes; (3) clasificaciones biológicas significativas dentro de las que pueden ser identificadas áreas representativas; (4) información sobre procesos geomorfológicos, oceanográficos y ecológicos que determinan y mantienen las distribuciones biológicas y las escalas espacial y temporal en las que operan; (5) herramientas para analizar y comunicar información.

Los métodos utilizados para organizar la clasificación biogeográfica han sido diversos. Por ejemplo, BRIGGS [6] en su clasificación de la zona litoral o nerítica, las aguas y fondos que representan el área en la que está confinada la mayor parte de la biodiversidad y la mayor productividad, define provincias biogeográficas básicamente por su grado de endemicidad (>10%). ADEY & STENECK [1] aplican el modelo “termogeográfico” de regiones de estabilidad evolutiva. Otros sistemas utilizan para caracterizar grandes regiones: 1) la batimetría, 2) hidrografía, 3) productividad, 4) poblaciones tróficamente dependientes. Recientemente, SPALDING *et al.* (*op. cit.*) desarrollaron un sistema jerárquico basado en la configuración taxonómica, influenciada por la historia evolutiva, patrones de dispersión y grado de aislamiento. En dicho trabajo se analizó un amplio grupo de fuentes de información, rangos de discontinuidades, hábitats dominantes, características geomorfológicas, corrientes y temperaturas para identificar áreas y fronteras o límites. Como conclusión, estos autores distinguen tres grandes niveles en la jerarquía: reinos, provincias y ecoregiones, de mayor a menor tamaño.

Siguiendo el criterio de SPALDING *et al.* (*op. cit.*), el reino se corresponde con regiones litorales o neríticas muy extensas, a través de las cuales las biotas son internamente coherentes en los niveles taxonómicos más altos como resultado de una historia evolutiva compartida y única. Los reinos tienen altos niveles de endemismos, incluyendo taxones únicos en el nivel de géneros y familias en algunos grupos. Las provincias están anidadas en los reinos y son amplias áreas definidas por la presencia de biotas diferenciadas, que tienen al menos alguna cohesión sobre el marco del tiempo evolutivo. Las provincias mantienen cierto grado de endemicidad, principalmente en el nivel de especies. Aunque el aislamiento histórico puede jugar un papel, muchas de estas biotas diferenciadas han surgido como un resultado de distintas condiciones abióticas que circunscriben sus fronteras, que pueden incluir características geomorfológicas (islas muy aisladas, sistemas de plataformas, mares semicerrados), hidrográ-

ficas (corrientes, afloramientos, frentes térmicos, dinámica del hielo) o influencias geoquímicas (a gran escala, elementos de aporte de nutrientes y de condiciones de salinidad). En términos ecológicos, las provincias son unidades cohesionadas o coherentes a modo, por ejemplo, para englobar la más amplia historia natural de muchos taxa constituyentes, incluyendo especies móviles y dispersivas. Aunque variable en el grado, las provincias pueden ser vistas como una escala fina de unidad de aislamiento evolutivo y se alinean con muchos de los factores más importantes que dirigen procesos evolutivos recientes y contemporáneos. La temperatura, o la latitud, continúa jugando un papel fundamental (por ejemplo, separando provincias cálidas y templado-frías), pero también procesos adicionales como el aislamiento por aguas profundas, estrechos angostos, o cambios rápidos en las condiciones de las plataformas. Por último, las ecoregiones, anidadas en las provincias, constituyen la escala más pequeña de esta organización jerárquica principal. Son áreas de relativamente homogénea composición de especies, claramente distinta de sistemas adyacentes. La composición está probablemente determinada por la predominancia de un pequeño número de ecosistemas y/o un diferenciado conjunto de condiciones oceanográficas y topográficas. Los agentes de fuerza dominantes que definen la ecoregión varían de localización en localización, pero pueden incluir aislamiento, afloramientos, entrada de nutrientes, influjo de aguas dulces, regímenes de temperaturas, regímenes de hielos, exposición a sedimentos, corrientes y complejidad batimétrica o costera. Las ecoregiones reflejan patrones ecológicos únicos que se extienden más allá de los límites amplios del impulso de los procesos evolutivos. En términos ecológicos, las ecoregiones son unidades fuertemente cohesionadas, suficientemente amplias para englobar procesos ecológicos o historias naturales para la mayoría de las especies sedentarias. Aunque algunas ecoregiones marinas pueden tener importantes niveles de endemismos, esto no es una clave determinante en la identificación de las ecoregiones, como ocurre en el medio terrestre.

A la hora de planificar sistemas organizados de preservación de la biodiversidad marina debe tenerse en cuenta que, además de los patrones o clasificaciones biogeográficas, se requiere conocimiento del contexto espacial, conexiones y escalas de procesos para definir prioridades de conservación que garanticen la representación y persistencia continuada de especies y hábitats dentro de ecosistemas funcionales. Es necesario conocer los procesos actuales que mantienen la distribución de las especies y las distribuciones históricas para proporcionar bases apropiadas para la conservación. Las prioridades de conservación se pueden establecer en una amplia escala, si bien su implementación frecuentemente ocurre en pequeñas escalas, resultando idealmente en un proceso anidado (por ejemplo, para conservar las tortugas deben ser protegidas tanto las zonas de alimentación como las de reproducción). A escalas geográficas menores que la ecoregión se debe aplicar también el criterio biogeográfico, especialmente donde existen importantes gradientes ambientales, si bien a estas escalas espaciales entran en juego otros parámetros como la riqueza de la biota, el estado de conservación o la singularidad de especies, comunidades y ecosistemas.

EL MARCO BIOGEOGRÁFICO DE LA MACARONESIA Y LOS PLANES DE CONSERVACIÓN

Todos los trabajos recientes sobre el análisis biogeográfico de la biota marina de la Macaronesia y del sector próximo del Atlántico Oriental (Figuras 1-5) (por ejemplo, AVILA [3]; BRITO *et al.* [7]; SPALDING *et al.* [20]; FLOETER *et al.* [13]) corroboran los planteamientos clásico de que el poblamiento litoral pelágico y bentónico de Azores, Madeira y

Canarias muestra una clara afinidad con la región biogeográfica Atlanto-Mediterránea (EKMAN [12]; BRIGGS [6]), que se extiende desde el Canal de la Mancha hasta Cabo Blanco -algunos autores la llevan hasta Cabo Verde en Senegal, en base a la posición del frente térmico africano en invierno, pero los análisis faunísticos señalan dicho límite en Cabo Blanco-, incluyendo el Mediterráneo (Figura 5). Esta región cálido-templada está limitada en el sur por la Guineana o tropical del Atlántico Oriental, siendo el cambio bastante brusco en relación con la gran discontinuidad térmica que se genera entre el afloramiento de Cabo Blanco y el frente térmico tropical, que oscila entre dicho cabo en verano y Cabo Verde (Senegal) en invierno (Figura 1). Las islas de Cabo Verde se incluyen claramente en esta última región, pues su biota tiene un marcado carácter tropical y con los elementos guineanos como dominantes, pero con la particularidad además de presentar muchos endemismos (ver, por ejemplo, DUDA & ROLÁN [11]; BRITO *et al.* [8]), probablemente debido a la conjunción del aislamiento geográfico, un cierto nivel de aislamiento hidrográfico y la mayor estabilidad térmica de este archipiélago durante el plioceno reciente y pleistoceno (por ejemplo, QUINTEIRO *et al.* [17]). De hecho, siguiendo el criterio clásico, el nivel de endemicidad permitiría diferenciar una provincia propia de las islas de Cabo Verde, resultando probablemente un mejor encuadre que el propuesto por SPALDING *et al.* (*op. cit.*) al considerarlas simplemente como una ecoregión dentro de la provincia de Transición Oeste Africana. Los trabajos recientes incluyen este archipiélago como un importante centro de endemicidad y entre los hotspots de biodiversidad tropical (por ejemplo, ROBERTS *et al.* [18]).

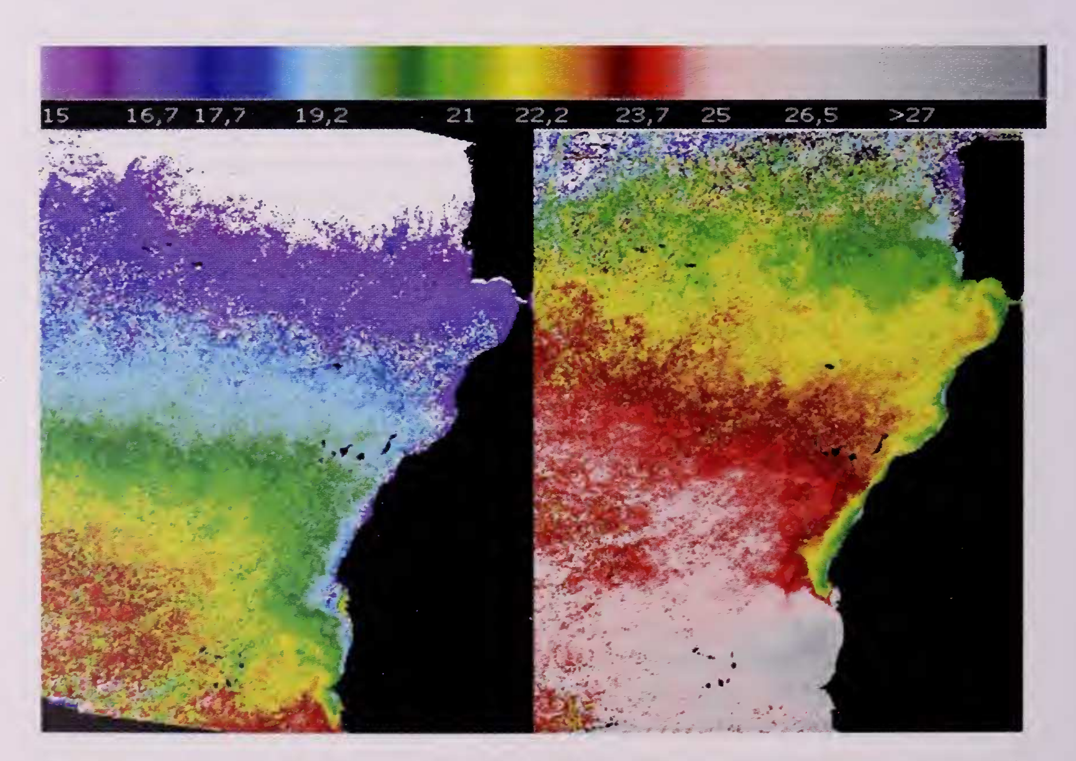


Figura 1.- Temperatura superficial de las aguas que rodean a las islas macaronésicas y su entorno próximo, derivada de sensores remotos, correspondiente al invierno (media de marzo-2005) y al otoño (media octubre-2005); se puede observar la posición del frente térmico tropical (SAT Union System, ULPGC).

Dentro de la región biogeográfica litoral Atlanto-Mediterránea, el grupo insular Azores-Madeira-Salvajes-Canarias constituye una subunidad (Figura 5), reconocida actualmente pero no así en el modelo biogeográfico clásico, con una biota de carácter más tropical e incluyendo endemismos que indican un cierto grado de evolución independiente, si bien las corrientes (Figura 4) han generado una redistribución de muchas de las especies endémicas, algunas de las cuales incluso se comparten con el archipiélago de Cabo Verde, constituyéndose en endemismos del arco de islas que se encuentran en la trayectoria de la Corriente de Canarias. Estas islas fueron afectadas por los procesos glaciares e interglaciares -como muestran los fósiles y también los datos genéticos-, propiciando un escenario de colonización-extinción importante que, junto con el aislamiento, parecen haber sido el motor de la generación de los mencionados endemismos (DOMINGUES [9]; DOMINGUES *et al.* [10]); Madeira y las Canarias occidentales probablemente sirvieron de refugios climáticos para especies de origen tropical durante los periodos glaciales. La mayor afinidad ocurre en la parte meridional, en el núcleo Madeira-Salvajes-Canarias, presentando Canarias una biodiversidad más alta a nivel de especies y comunidades por su mayor superficie, heterogeneidad ambiental y proximidad a la costa africana (Figura 2), tal como postula la "Teoría de la Biogeografía Insular" (MACARTHUR & WILSON [15]). Azores tiene un número notablemente menor de especies en muchos grupos, como queda de manifiesto al comparar los catálogos de las biotas marinas de Canarias (MORO *et al.* [16]) y Azores (BORGES *et al.* [5]),

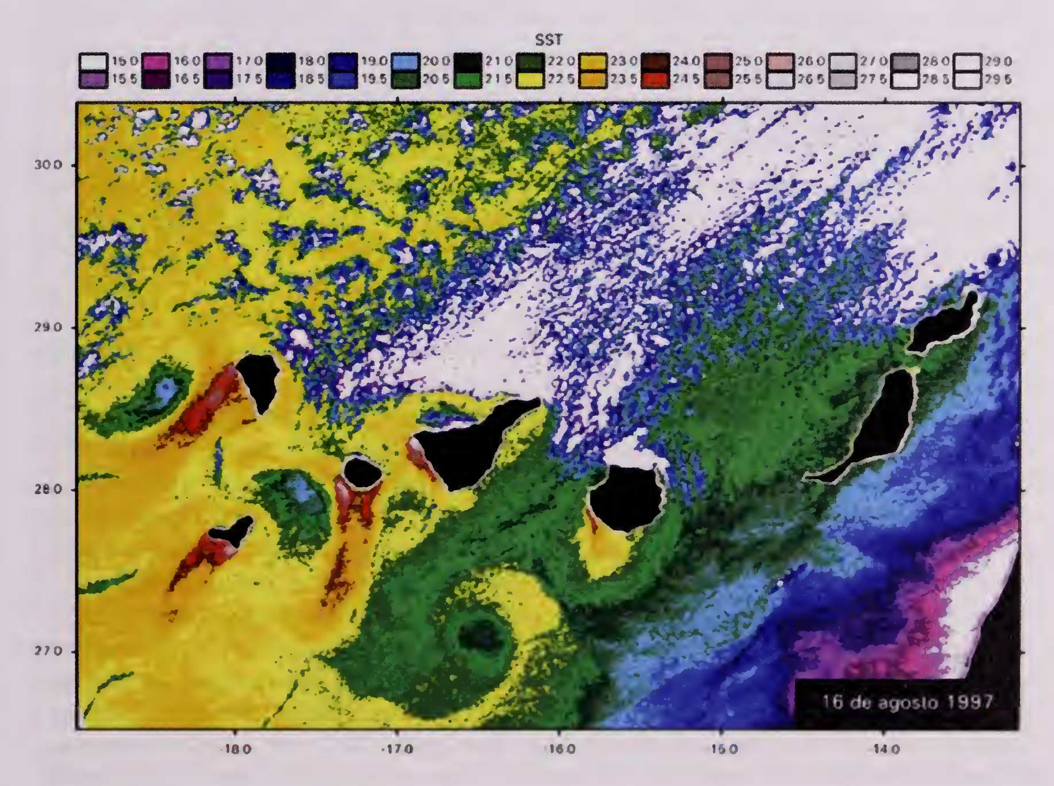


Figura 2.- Temperatura superficial de las aguas del archipiélago canario, derivada de sensores remotos; se puede observar la gran heterogeneidad térmica, el gradiente de incremento entre las islas orientales y las occidentales -relacionado con el afloramiento frío de la costa africana- y los procesos generados por el paso de la Corrientes de Canarias (remolinos, estelas cálidas, etc.) (imagen cedida por A. Ramos, ULPGC).

y también menos comunidades. Esto guarda relación con su posición geográfica más septentrional y el mayor aislamiento, que da lugar una biota menos diversa y, en general, de carácter más templado y con un cierto grado de diferenciación evolutiva -algunas especies endémicas de Azores tienen vicariantes en el grupo de archipiélagos más meridionales, y también existen poblaciones genéticamente diferenciadas en algunos de los casos estudiados (AVILA, *op. cit.*; ALMADA *et al.* [2]; DOMINGUES, *op. cit.*)-.

En el reciente trabajo de SPALDING *et al.* (*op. cit.*) se distinguen dos provincias biogeográficas en el ámbito de la clásica región litoral Atlanto-Mediterránea: la Lusitánica, que comprende todo el sector atlántico, y la Mediterránea. En este esquema, la llamada Macaronesia templada o subtropical constituye una ecoregión litoral diferenciada (Figura 5), dentro de la provincia Lusitánica, con condiciones generales muy particulares y distintas del entorno, aún conservando un grado de conectividad por corrientes importante con el continente próximo. Es un área de relativamente homogénea composición de especies, claramente distinta de sistemas adyacentes y con un diferenciado conjunto de condiciones oceanográficas y topográficas, reflejando un patrón ecológico particular que se extienden más allá de los límites amplios del impulso de los procesos evolutivos. En términos ecológicos, la ecoregión es una unidad fuertemente cohesionada, en este caso mantenida en parte por una importante conectividad, pues, a pesar de ser islas ampliamente separadas, están bien conectadas por un componente importante de la ecoregión como es la Corriente de Canarias y todos los procesos hidrográficos asociados (Figura 4). Los factores ambientales integradores de esta ecoregión podrían resumirse como sigue: plataformas insulares reducidas y rodeadas de grandes profundidades cerca de la costa, con presencia de numerosos bancos y montañas submarinas en el entorno, sometidas a un flujo de corrientes en ambos sentidos -como demuestran la teledetección y los trabajos oceanográficos y genéticos recientes (por ejemplo, SANTOS *et al.* [19]; BARTON *et al.* [4]; DOMINGUES, *op. cit.*)-, en un entorno templado-cálido de temperaturas bastante estables a lo largo del año y de aguas oligotróficas con ligera influencia del afloramiento africano. No obstante, los gradientes ambientales existentes entre los grupos de islas y dentro de cada archipiélago, particularmente en el caso de Canarias (Figura 2), permiten definir unidades biogeográficas de menor escala: archipielágicas, insulares y locales.

En el medio pelágico oceánico y los fondos profundos las circunstancias son diferentes, al tratarse de fauna con alta capacidad de movimiento y habitante de un medio ambientalmente más continuo, las fronteras son más amplias y no parece fácil definir una subunidad biogeográfica macaronésica en base a los mismos criterios. No obstante, el pasillo de la Corriente de Canarias y los procesos hidrográficos que se generan en su recorrido al atravesar los grupos de islas y los producidos en la costa africana (afloramientos, remolinos, filamentos, estelas cálidas, etc.) pueden considerarse globalmente por si mismos una extensa estructura oceanográfica con traducción biogeográfica propia, donde coexisten especies de origen templado y tropicales y tienen lugar fenómenos ecológicos especiales. Se pueden diferenciar aquí dos subunidades ambientales, las aguas oceánicas abiertas en el entorno de las islas y las próximas al continente africano, si bien las Canarias y particularmente las islas orientales se constituye en gran medida en el puente de transición, y también Salvajes y Madeira se ven influidas en cierto grado por procesos generados en las aguas continentales. Las particularidades que introduce el complejo sistema hidrográfico de la Corriente de Canarias hacen que exista un pasillo especial de recorrido para las especies epipelágicas de gran movilidad o altamente migratorias (tiburones y mantas, túnidos y otros grandes peces pelágicos, tortugas y cetáceos), que aprovechan las corriente y sus giros o remolinos para

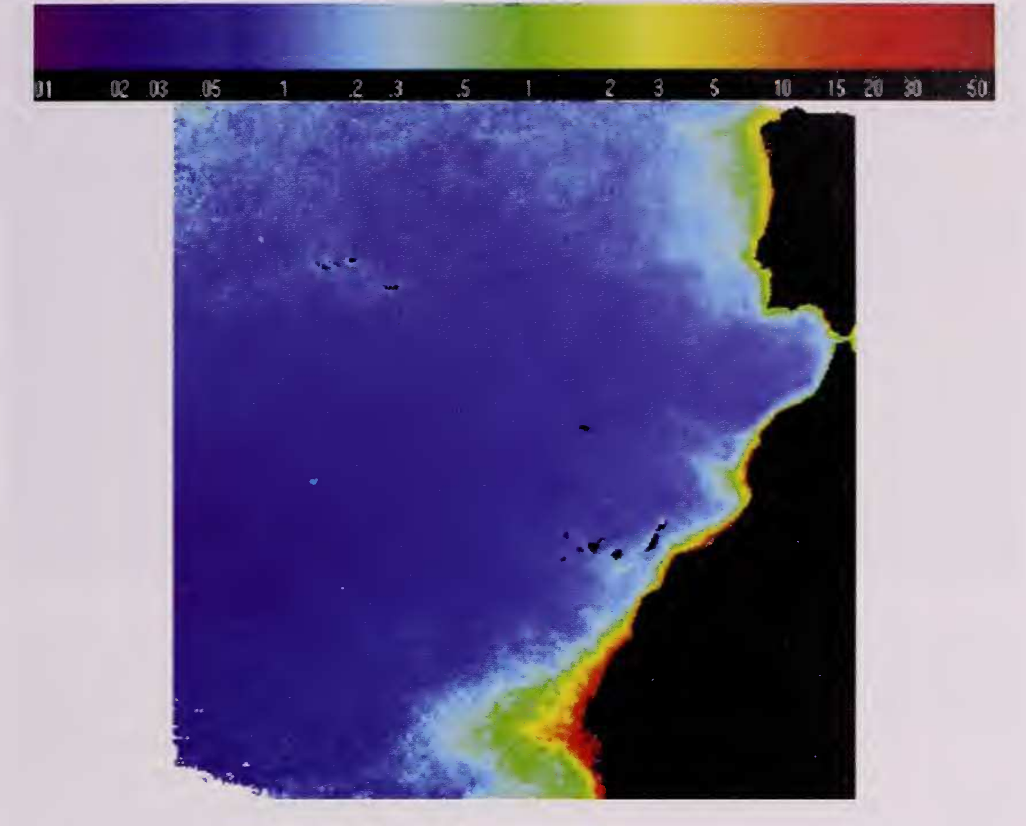


Figura 3.- Concentración de clorofila de las aguas que rodean a las islas macaronésicas y su entorno próximo (media del año 2005), derivada de sensores remotos; se puede observar el efecto del afloramiento de aguas frías en la costa continental (SAT Union System, ULPGC).

desplazarse arriba y abajo en sus migraciones, además de que algunas encuentran en los grandes fondos cercanos a la costa (especies de inmersión profunda) o en las aguas litorales mucho alimento y condiciones ambientales favorables y llegan a formar colonias estables o residentes en el entorno de las islas. El archipiélago de Cabo Verde y los bancos y montañas submarinas situados en el entorno de las islas, que se encuentran sometidos a la misma fuerza principal y tienen en gran medida similares condiciones topográficas y oceanográficas, compartiendo también muchas de las especies, se integrarían en esta amplia ecoregión oceánica pelágica de la Corriente de Canarias (Figura 6).

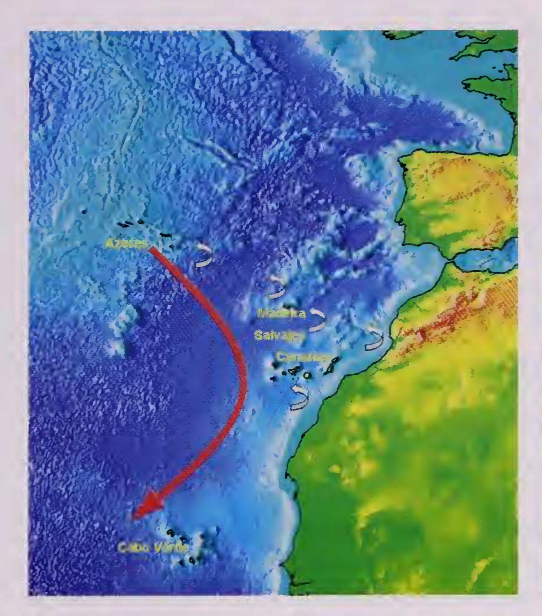
Una vez examinados los patrones biogeográficos, creemos conveniente incidir de nuevo sobre la importancia de tenerlos en cuenta para obtener representatividad a la hora de desarrollar los planteamientos de conservación. La conservación de la biodiversidad litoral macaronésica debe hacerse inicialmente a nivel de cada archipiélago, de forma que queden representados todos los tipos de hábitats y los gradientes de variación de la ecoregión, tanto latitudinales entre grupos de islas como longitudinales dentro de cada archipiélago. En este sentido, el archipiélago Canario es el que presenta mayor heterogeneidad ambiental y necesita más unidades de conservación. Un planteamiento para los ecosistemas litorales de este tipo debe realizarse de una forma jerárquica, multiescalar y priorizada, con un planteamiento espacial anidado, de forma que en cada archipiélago debe contemplarse en primer lugar una división espacial en

base a condiciones ambientales (geomorfológicas y oceanográficas) que tengan influencia en la biodiversidad, para luego elegir grandes espacios representativos con los mayores niveles de biodiversidad particular y en buen estado de conservación, dentro de los cuales se deben proteger también de forma específica subunidades de importancia insular o local.

Una posibilidad a nivel archipielágico, ajustada a las condiciones de entornos insulares como el macaronésico, es que las áreas protegidas extensas incluyan las aguas oceánicas próximas. Esto permitiría también conservar los ecosistemas de fondo del borde del talud, que representan un gran reservorio de biodiversidad particular (por ejemplo, las comunidades de corales blancos, gorgonáceos, corales negros y grandes esponjas), ligado al litoral por la interconectividad que permiten las reducidas dimensiones de la plataforma y las grandes pendientes de los fondos. Igualmente, esta estrategia permitiría proteger las poblaciones residentes de cetáceos de inmersión profunda y las zonas de altas concentraciones de especies migratorias (cetáceos, tiburones, aves, etc.). Tales espacios extensos tendrían la categoría de un parque natural o nacional y dentro de ellos será necesario diseñar sectores con normativas pesqueras especiales, incluyendo zonas de exclusión pesquera y un sistema zonal de usos, equivalentes a las reservas marinas actuales; debemos tener en cuenta que la sobrepesca es una fuerza transformadora de primer nivel, al provocar procesos de cascada trófica que conducen a la alteración de la estructura de los ecosistemas. La selección de estos espacios se realizará en base a la heterogeneidad de hábitats y la complejidad de los fondos rocosos, de forma que se maximice la protección de la biodiversidad vulnerable a la pesca y la producción de recursos, a fin beneficiar también a las áreas adyacentes por exportación de biomasa y dispersión larvaria. Igualmente, dentro y fuera de estos espacios amplios, será necesario considerar también, en menor escala espacial, hábitats y procesos singulares para proteger comunidades muy particulares y especies concretas (por ejemplo, cuevas submarinas, sectores con una especie endémica en vías de extinción o de distribución muy reducida, una plataforma intermareal de alta biodiversidad, etc.) u otros elementos locales importantes.

A la hora de priorizar entre las posibilidades que representan bien al componente biogeográfico, será necesario tener en cuenta otros criterios, como el estado de conservación, los riesgos o amenazas, etc. En el caso de Canarias existe un planteamiento de este tipo desarrollado recientemente por una organización no gubernamental (WWF [21]), en colaboración con un grupo de expertos de universidades y otros centros de investigación y gestores de la administración. Esta propuesta contempla los grandes espacios a escala biogeográfica archipielágica, incluyendo aguas litorales y oceánicas próximas, y los prioriza por la urgencia de conservación en relación a los riesgos y amenazas, aunque el plan está poco desarrollado en las escalas menores. Las áreas marinas protegidas existentes ya en las islas de la Macaronesia están planteadas, en general, con otros criterios y en muchos casos no cubren bien con la protección global y representativa de los niveles de organización de la biodiversidad a las diferentes escalas espaciales.

Por otra parte, la conservación de la especies oceánicas migratorias o transzonales no puede limitarse a planteamientos dentro de cada archipiélago, debe existir un plan de conservación a mayor escala que incluya todo el pasillo principal de la Corriente de Canarias, desde Azores a las islas de Cabo Verde, comprendiendo también las montañas y bancos submarinos del entorno y los procesos oceanográficos asociados. En definitiva, el área que hemos denominado ecoregión oceánica macaronésica, a modo de un gran santuario para especies oceánicas altamente migratorias. En este espacio se deben implementar medidas de control supraregionales en relación con fenómenos que pueden incidir negativamente, como las modalidades de pesca muy impactantes, la contaminación, la navegación o las maniobras militares.



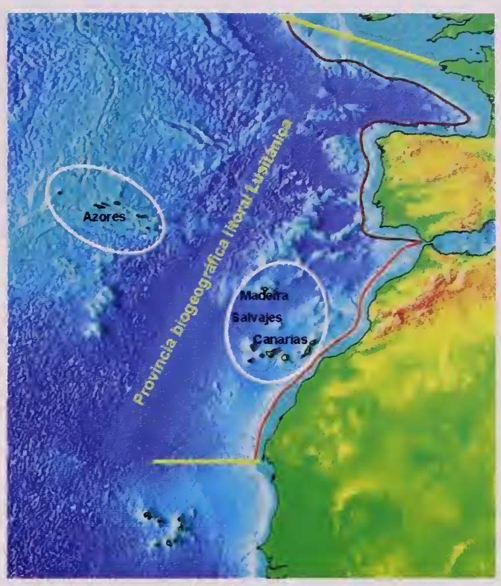


Figura 4.- Las islas de la Macaronesia con los bancos y montañas submarinas del entorno; se muestra una esquematización simplificada de la corriente dominante (la Corriente de Canarias), así como de las contracorrientes relacionadas con giros y remolinos que se forman en su recorrido y dan lugar a un transporte en sentido contrario.

Figura 5.- Esquema de la provincia biogeográfica litoral Lusitánica y las diferentes subunidades que la forman, catalogadas como ecoregiones por Spalding *et al.* (2007), en el que se puede observar la ecoregión macaronésica integrada por el archipiélago de Azores y el núcleo Madeira-Salvajes-Canarias.

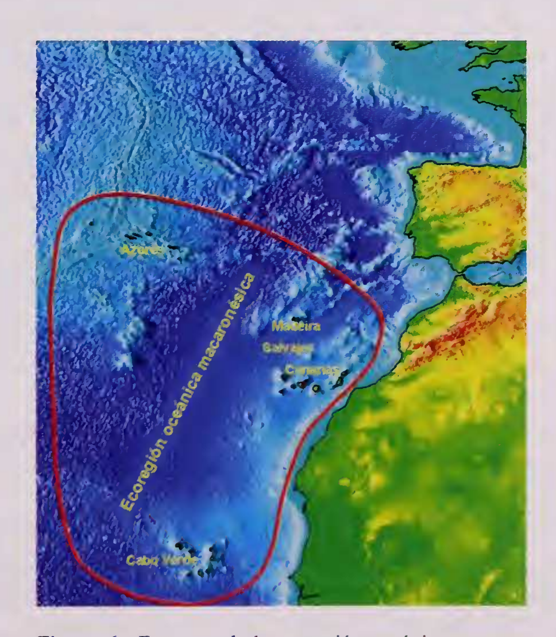


Figura 6.- Esquema de la ecoregión oceánica macaronésica propuesta para las especies altamente migratorias, ligada al entorno insular y a la Corriente de Canarias con los procesos hidrográficos asociados.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a varios investigadores, amigos y colegas que me han aportado imágenes y datos, en concreto Antonio Ramos y Alonso Hernández Guerra (ULPGC), Jacinto Barquín (ULL), Jesús M. Falcón, Gustavo González, Pablo Aspas, Teo Lucas, Sergio Hanquet, Tomás Cruz, Carlos Hernández, Erika Urquiola, Jaime E. Rodríguez y Samuel García. Juan José Bacallado, con su buen hacer de siempre, contribuyó a darle los retoques finales; gracias Checho.

BIOBLIOGRAFÍA

[1] ADEY, W. H. & R. S. STENECK, 2001. Termogeography over time creates biogeographic regions: a temperatura/space/time-integrated model and an abundante-weighted test for benthic marine algae. *J. Phycology*, 37: 677-698.

[2] ALMADA, V., F. ALMADA, M. HENRIQUES, R. S. SANTOS & A. BRITO, 2002. On the phylogenetic affinities of *Centrolabrus trutta* and *Centrolabrus caeruleus* (Perciformes: Labridae) to the genus *Symphodus*: molecular, meristic and behavioural evidences. *Arquipelago Life and Marine Sciences*, 19 A: 85-92.

[3] AVILA, S. P., 2000. Shallow-water marine molluscs of the Azores: biogeographical relationships. *Arquipélago Life and Marine Sciences*, 2A: 99-131.

[4] BARTON, E.D., ARISTEGUI, J., TETT, P., CANTON, M., GARCÍA-BRAUN, J., HERNÁNDEZ-LEON, S., NYKJAER, L., ALMEIDA, C., ALMUNIA, J., BALLESTEROS, S., BASTERRETXEA, G., ESCÁNEZ, J., GARCÍA-WEILL, L., HERNÁNDEZ-GUERRA, A., LÓPEZ-LAATZEN, F., MOLINA, R., MONTERO, M.F., NAVARRO-PÉREZ, E., RODRÍGUEZ, J.M., VAN LENNING, K., VELEZA, H. & WILDA, K.,1998. The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Prog. Ocenogr.*, 41: 455-504.

[5] BORGES, P. A. V., COSTA, A., CUNHA, R., GABRIEL, R., GONÇALVES, V., MARTINS, A. F., MELO, I., PARENTE, M., RAPOSEIRO, P., RODRIGUES, P., SANTOS, R. S., SILVA, L., VIEIRA, P. & VIEIRA, V. (Eds.), 2010. *A list of the terrestrial and marine biota from the Azores*. Princípia, Cascais, 432 pp.

[6] BRIGGS, J. C., 1974. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill, New York.

[7] BRITO, A., J. M. FALCÓN, N. AGUILAR & P. PASCUAL, 2001. Fauna vertebrada marina. En: *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación*. J. M. Fernández-Palacios y J. L. Martín Esquivel (eds), pp. 219-229. Editorial Turquesa, Santa Cruz de Tenerife.

[8] BRITO, A., FALCÓN, J. M. & R. HERRERA, 2007. Características zoogeográficas de la ictiofauna litoral de las Islas de Cabo Verde y comparación con los archipiélagos macaronésicos. *Rev. Acad. Canar. Cienc.*, 18 (4): 93-109.

[9] DOMINGUES, V. S., 2007. *Phylogeography and historical demography of the warm water costal fish of the Azores in the context of the recent evolution of the Atlantic and Mediterranean*. Ph. Doctoral Thesis, Universidade dos Açores, Horta.

[10] DOMINGUES, V. S., FARIA, C., STEFANNI, S., SANTOS, R. S., BRITO, A. & V. ALMADA, 2007. Genetic divergente in the Atlantic-Mediterranean Montagu's blenny, *Coryphoblennius galerita* (Linnaeus, 1758), revealed by molecular and morphological characters. *Molecular Ecology*, 16: 3592-3605.

[11] DUDA, T. F.J. & E. ROLÁN, 2005. Explosive radiation of Cape Verde *Conus*, a marine species flock. *Molecular Ecology*, 14: 267-272.

[12] EKMAN, S., 1953. *Zoogeography of the sea*. Sigwick and Jackson, London.

[13] FLOETER, S. R., L. A. ROCHA, D. R. ROBERTSON, J. C. JOYEUX, W. F. SMITH-VANIZ, P. WIRTZ, A. J. EDWARDS, J. P. BARREIROS, C. E. L. FERREIRA, J. L. GASPARINI, A. BRITO, J. M. FALCÓN, B. W. BOWEN & G. BERNARDI, 2008. Atlantic reef fish biogeography and evolution. *Journal of Biogeography*, 35: 22-47.

[14] LOURIE, S. A. & C. J. VINCENT, 2004. Using biogeography to help set priorities in marine conservation. *Conservation Biology*, 18 (4): 1004-1020.

[15] MACARTHUR, R. H. & E. O. WILSON, 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton (NJ, USA).

[16] MORO, L., MARTÍN, J. L., M. J. GARRIDO & I. IZQUIERDO (Eds.), 2003. *Lista de especies marinas de Canarias (algas, hongos, plantas y animales) 2003*. Consejería de Política Territorial y medio Ambiente del Gobierno de Canarias. 250 pp.

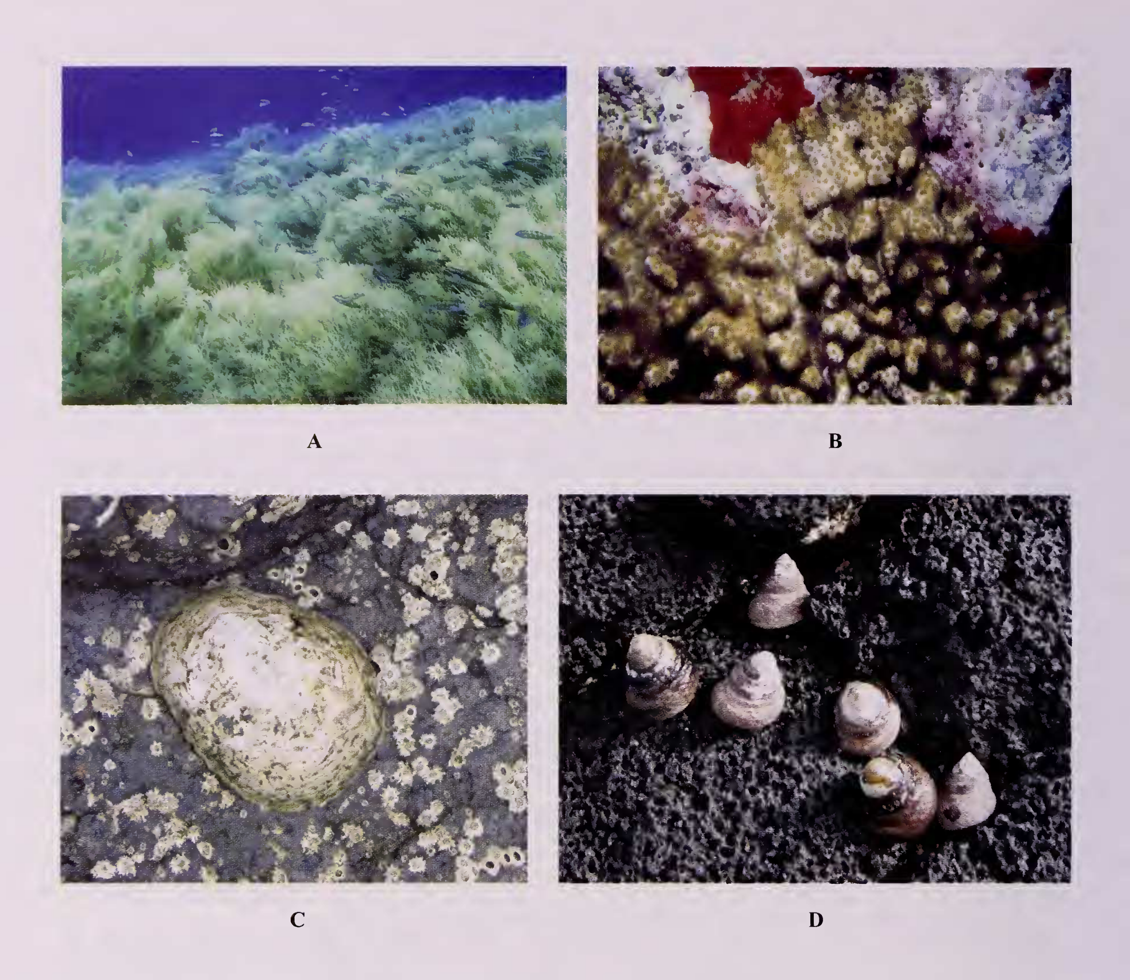
[17] QUINTEIRO, J., J. RODRÍGUEZ-CASTRO & M. REY-MÉNDEZ, 2007. Population genetic structure of the stalked barnacle *Pollicipes pollicicipes* (Gmelin, 1789) in the northeastern Atlantic: influence of coastal currents and mesoescale hydrographic structures. *Marine Biology*, 153: 47-60.

[18] ROBERTS, C. M., C. J. MCCLEAN, J. E. N. VERON, J. P. HAWKINS, G. R. ALLEN, D. E. MCALLISTER, C. G. MITTERMEIER, F. W. SCHELER, M. SPALDING, F. WELLS, C. VYNNE & T. B. WERNER, 2002. Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. *Science*, 295: 1280-1284.

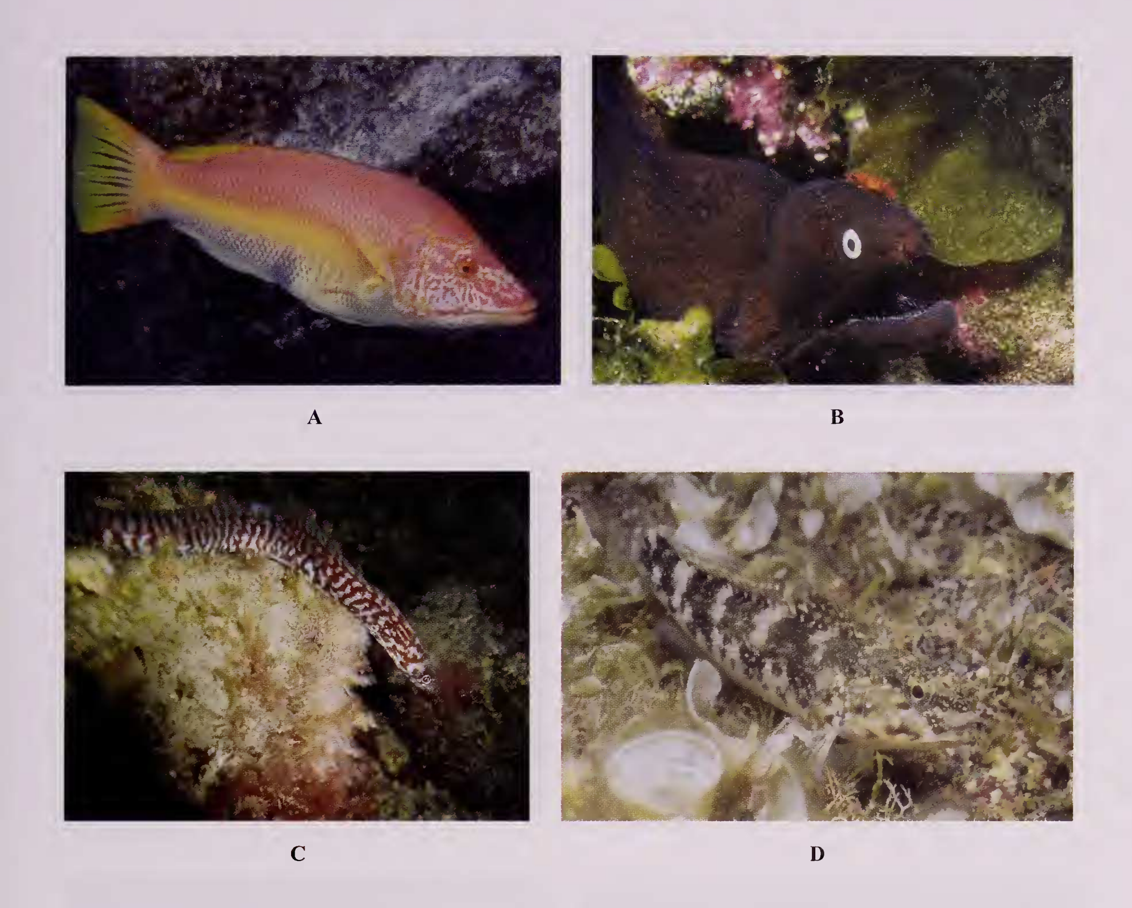
[19] SANTOS, R. S., S. HAWKINS, L. ROCHA MONTEIRO, M. ALVES & E. J. ISIDRO, 1995. Marine research, resources and conservation in the Azores. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5: 311-354.

[20] SPALDING, M. D., H. E. FOX, G. R. GERALD, N. DAVIDSON, Z. A. FERDAÑA, M. FINLAYSON, B. S. HALPERN, M. A. JORGE, AL LOMBANA, S. A. LOURIE, K. D. MARTIN, E. MCMANUS, J. MOLNAR, CH. A. RECCHIA & J. ROBERTSON, 2007. Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57 (7): 573-583.

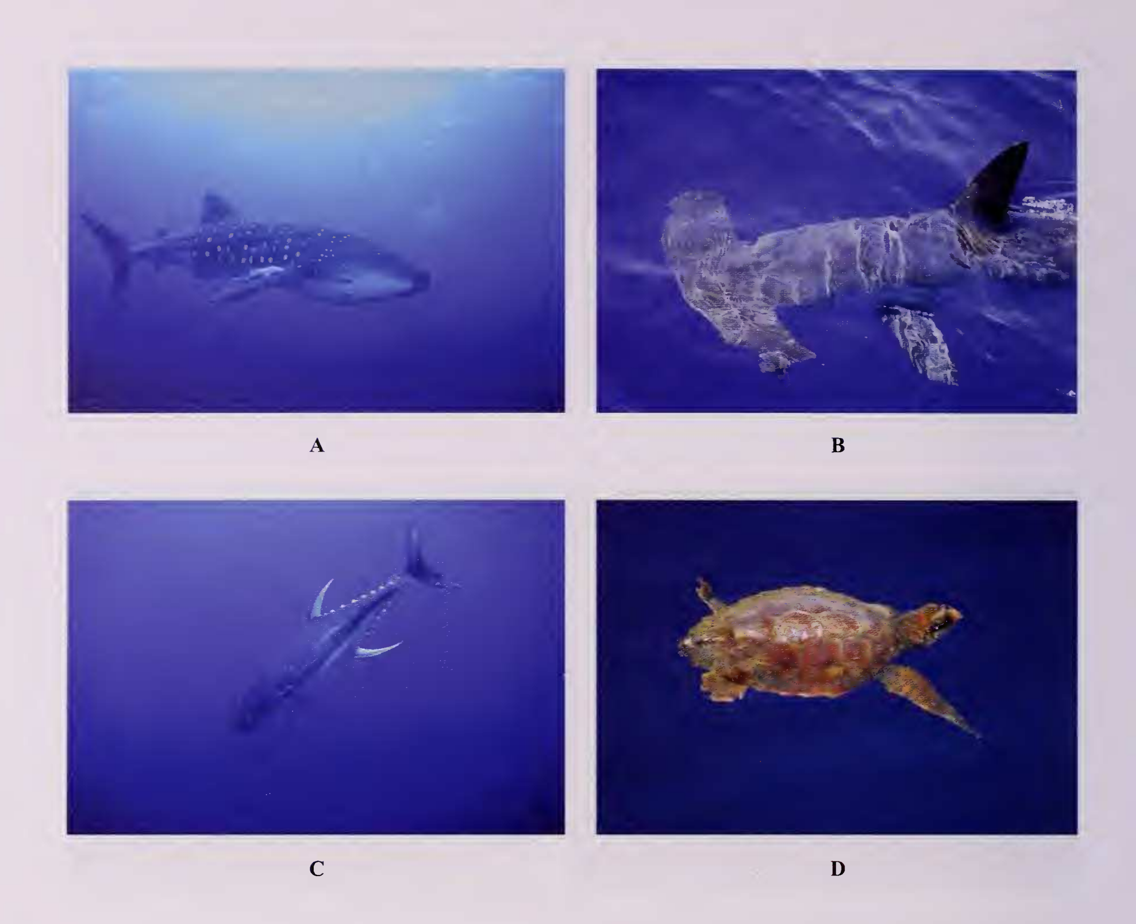
[21] WWF, 2006. *Conservando nuestros paraísos marinos. Propuesta de red representativa de áreas marinas protegidas en España. Archipiélago Canario*. WWF-Fondo Mundial para la Naturaleza, Madrid.



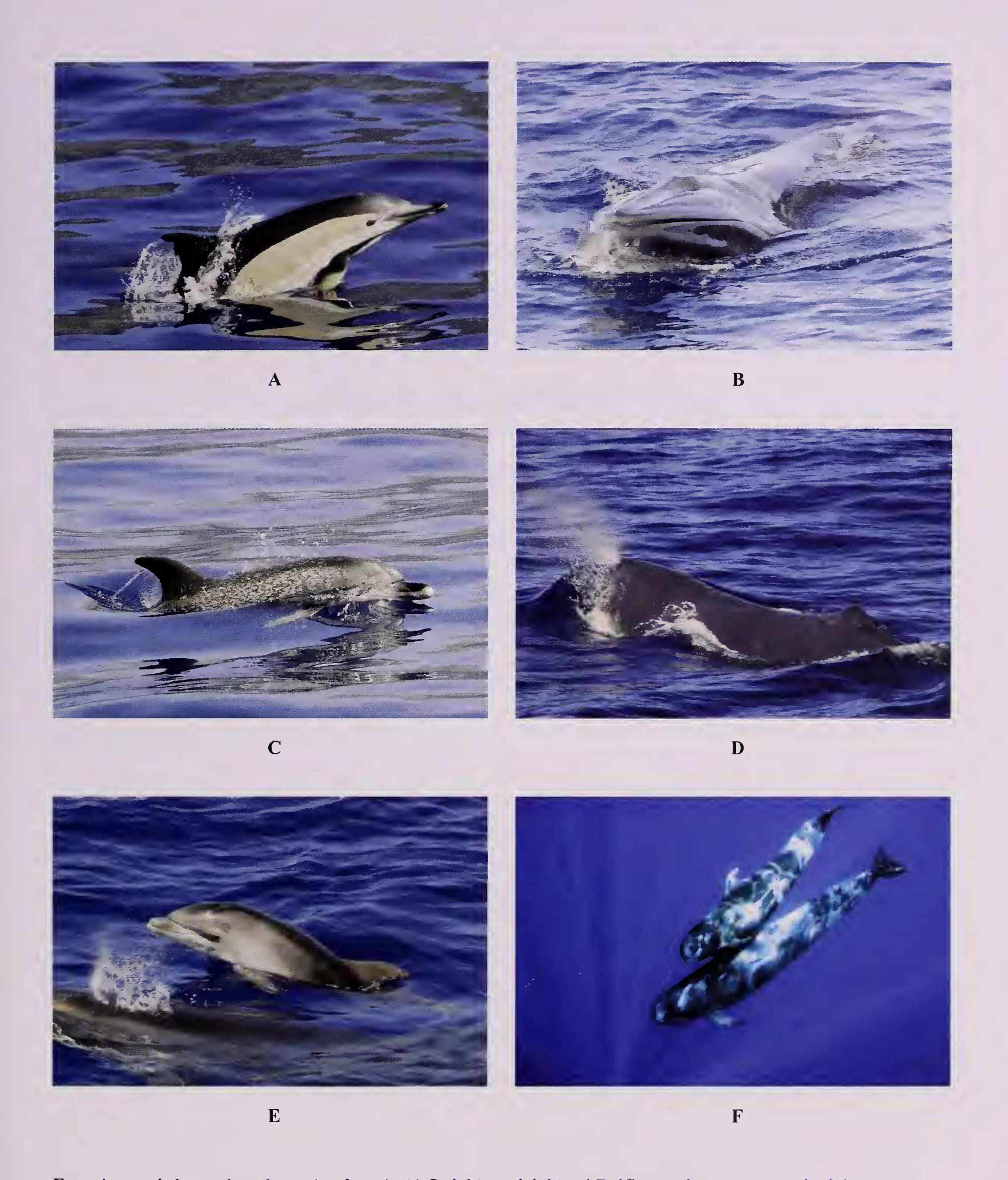
Especies litorales bentónicas macaronésicas: A) *Cystoseira abies marina*, alga parda propia de las islas macaronésicas que forma una comunidad característica en las localidades expuestas; **B**) *Madracis asperula*, coral hermatípico distribuido exclusivamente en Madeira, Salvajes, Canarias y Cabo Verde; **C)** *Patella candei*, lapa en peligro de extinción sólo presente en Salvajes y Canarias (actualmente sólo en Fuerteventura); **D**) *Osilinus sauciatus*, burgado endémico de Canarias (islas orientales y centrales).



Peces litorales de fondo macaronésicos: **A**) Pejeperro (*Bodianus scrofa*), endemismo del arco insular macaronésico (Azores, Madeira, Salvajes, Canarias y Cabo Verde), al igual que la Morena negra (*Muraena augusti*) (**B**); sobre la cabeza de esta última se observa el gobiesócido limpiador *Diplecogaster ctenocrypta*; **C**) *Gymnothorax bacalladoi*, morena distribuida exclusivamente en Madeira, Canarias y Cabo Verde; **D**) El caboso de charcos (*Mauligobius maderensis*) se encuentra sólo en el núcleo Madeira-Salvajes-Canarias.



Especies oceánicas migradoras: **A**) *Rhincodon typus*, el Tiburón ballena se desplaza desde los trópicos hacia las zonas subtropicales para comer y aparece en las aguas canarias en verano-otoño; **B**) *Sphyrna couardi*, un tiburón martillo altamente migratorio que con frecuencia se acerca a la costa; **C**) *Thunnus albacares*, el Rabil es un túnido tropical que migra hacia las zonas subtropicales en primavera-verano; **D**) *Caretta caretta*, la Tortuga boba tiene en las aguas de la Macaronesia templada una importante área de alimentación.



Especies oceánicas migradoras (cetáceos): **A**) *Delphinus delphis*, el Delfín común es una especie típicamente oceánica migratoria, más frecuente en aguas macaronésicas en invierno y primavera; **B**) *Balaenoptera edeni*, el Rorcual tropical llega a las aguas de la Macaronesia subtropical para alimentarse en primavera-otoño; **C**) *Stenella frontalis*, el Delfín moteado se desplaza desde Canarias hacia el norte, hasta Azores, progresivamente a medida que llega el verano; **D**) *Physeter macrocephalus*, el Cachalote aparece periódica y regularmente todos los años en las islas macaronésicas; **E**) *Tursiops truncatus*, el Delfín mular mantiene colonias residentes en varias zonas de Canarias y en otras islas macaronésicas; **F**) *Globicephala macrorhynchus*, el Calderón tropical presenta una gran colonia residente en el sur-suroeste de Tenerife y La Gomera, asociada a aguas abrigadas y profundas cerca de la costa, así como también en las islas de Cabo Verde; en Madeira está también presente todo el año.

VIDA ACADÉMICA